



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 580

**PALEOAMBIENTE DO GRUPO SERRA GRANDE, BORDA
LESTE DA BACIA DO PARNAÍBA, LOCALIDADE DE
IPUEIRAS, ESTADO DO CEARÁ**

Dissertação apresentada por:

IVAN ALFREDO ROMERO BARRERA

Orientador: Prof. Dr. Afonso Cesar Rodrigues Nogueira (UFPA)

**BELÉM-PARÁ
2020**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**

Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B272p Barrera, Ivan Alfredo Romero

Paleoambiente do Grupo Serra Grande, borda Leste da Bacia do Parnaíba, localidade de Ipueiras, Estado do Ceará. / Ivan Alfredo Romero Barrera. — 2020.

xvi, 58 f.: il. color.

Orientador (a): Prof. Dr. Afonso César Rodrigues Nogueira
Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em
Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do
Pará, Belém, 2020.

1. Estratigrafía. 2. Sedimentología. 3. Glaciación Siluriana.
4. Bacia de Parnaíba. 5. Grupo Serra Grande. I. Título.

CDD 558.1



Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**PALEOAMBIENTE DO GRUPO SERRA GRANDE, BORDA
LESTE DA BACIA DO PARNAÍBA, LOCALIDADE DE
IPUEIRAS, ESTADO DO CEARÁ**


DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR:


IVAN ALFREDO ROMERO BARRERA

**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de
GEOLOGIA, linha de pesquisa ANÁLISE DE BACIAS SEDIMENTARES.**

Data da aprovação: 25 / 04 / 2020

Banca Examinadora:


Prof. Dr. Afonso Cesar R. Nogueira
(Orientador-UFPA)


Prof. Dr. Werner Truckenbrodt
(Membro-UFPA)


Prof. Dr. Francisco Romério A. Junior
(Membro-UFF)

*Dedico esse trabalho a minha família,
por seu apoio incondicional.*

AGRADECIMENTOS

Ao Deus tudo poderoso sempre por tudo, pela saúde e pela oportunidade de me permitir ter novas experiências, conhecer novas pessoas e diferentes locais durante minha vida.

Ao CNPq, PPGG e à Universidade Federal do Pará, pelo suporte financeiro e estrutural durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Afonso Nogueira, pela amizade, orientação, sugestões, discussões, conselhos e, pela confiança dada para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao laboratório de Microanálises do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, nas pessoas do Prof. Dr. Claudio Nery Lamarão, Msc. Gisele Tavares Marques, e a Ana Paula Corrêa pelo auxílio na obtenção das imagens no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).

Agradeço aos técnicos: Everaldo Cunha (Laboratório de Sedimentologia); Joelma Soares e Bruno Veras (Laboratório de Laminação), pela ajuda e boa disposição.

Aos Profs. Drs. Joelson Soares e José Bandeira, pelas sugestões, discussões e apoio sempre que precisei.

Aos Profs. Drs. Werner Truckenbrodt, Ana Góes e Francisco Abrantes pelas sugestões, comentários construtivos em este documento.

Aos amigos do GSED, Guilherme Raffaeli, Pedro Augusto, Walmir Lima, Hudson Santos, Renato Sol, Luiz Saturnino, Roberto Araújo, Raphael Araújo, Lucas Cunha, Adriana Medina, Renan Fernandes, Alexandre Ribeiro, Andressa Nogueira e Sebastian Gomez, pela amizade e acompanhamento durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Às secretárias Cleida Freitas e Joanicy Lopes, pela gentileza, apoio, atenção e simpatia.

Agradeço especialmente a Adriana Medina pelo carinho e por ser uma revisora constante deste trabalho.

Agradeço aos meus pais, Esperanza Barrera e Abraham Romero, pelo apoio, investimentos e ensinamentos. Ao meu irmão Manuel Romero por sempre caminhar de meu lado.

Em especial, quero agradecer a minha tia Pepa (*in memoriam*), a pessoa que trouxe mais alegria à minha vida com seu sorriso e seu amor.

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, me auxiliaram a iniciar e concluir este trabalho, cujos nomes não caberiam em poucas páginas.

“Recuerda que al poder y sus responsabilidades, que al prestigio y sus deberes, los pulverizará la muerte en un instante. La muerte que no nos deja olvidar que estamos de paso, que la vida es sólo una noche que pasamos en una posada que se encuentra a la vera del camino”.

Facundo Cabral

RESUMO

A transição entre os períodos Ordoviciano e Siluriano na porção oeste do supercontinente Gondwana foi marcada por um longo período glacial, que teve seu máximo no Hirnantiano (~445 Ma). Este evento ocorreu durante um longo período climático de *greenhouse*, no qual o conteúdo de CO₂ na atmosfera era cinco vezes maior que o atual. A migração do supercontinente Gondwana em direção ao Polo Sul foi concomitante com fatores astronômicos tais como mudanças da rotação da terra e diminuição da radiação solar que favoreceu o crescimento dos lençóis de gelo. O final da glaciação foi marcado pelo maior aumento do nível eustático do mar registrado na história da terra, gerando expressivas transgressões marinhas, que iniciaram no Llandovery (~443 Ma) e finalizaram no Ludlow (~423 Ma). Um dos melhores registros destes eventos dentro do contexto de Gondwana Oeste é o Grupo Serra Grande que representa uma sucessão siliciclástica ordoviciano-devoniana presente na Bacia do Parnaíba, nordeste do Brasil. Esta sequência aflorante na borda leste da bacia é dividida em três formações: Ipu, Tianguá e Jaicós. A maioria dos trabalhos prévios sobre este Grupo tem caráter estritamente regional e litoestratigráfico o que não tem permitido determinar os ambientes e sistemas deposicionais calcados em um arcabouço estratigráfico preciso. Este trabalho apresenta novas interpretações dos sistemas deposicionais presentes no registro do Grupo Serra Grande, baseados em análises sedimentológicas e estratigráficas de afloramentos da região de Ipueriras, Estado do Ceará, nordeste do Brasil. A descrição faciológica detalhada desta sucessão siliciclástica teve como objetivo principal propor um modelo deposicional e evolutivo para estes depósitos. Foram definidas sete associações de fácies (AF) representativas de depósitos gerados em sistemas fluviais, glaciais e costeiros. Depósitos de planície fluvial *sheet braided* (AF1), consistem em arenitos grossos e conglomerados com estratificação cruzada tabular e acanalada. Depósitos glaciais (AF2 e AF3) que correspondem a conglomerado maciço, arenito grosso com estratificação cruzada e diamictitos maciços. Diamictito estratificado com clastos caídos foram depositados em ambiente glacio-marinho (AF4). Folhelhos laminados são interpretados como depositados em ambientes marinhos distais (*offshore*) (AF5) depositados durante estágios pós-glaciais. Depósitos deltaicos (AF6) são constituídos por siltito laminado e arenito com estratificação cruzada sigmoidal com ocorrências do icnogênero *Arthropycus*. Esta sucessão flúvio-glacial-deltaica é sobreposta erosivamente por arenitos com estratificação cruzada acanalada, depositados dentro de uma planície fluvial *channeled braided* (AF7). Esta proposta confirma parcialmente interpretações paleoambientais prévias, descartando a presença depósitos

gerados em leques aluviais e *outwash plains*. A interpretação das sequências estratigráficas presentes no Grupo Serra Grande foi refinada usando principalmente a interpretação coerente de superfícies chave e correlacionando os tratos de sistema com a curva global do nível do mar, fornecendo um modelo evolutivo sequencial de terceira ordem mais robusto que inclui três sequências deposicionais. O desenvolvimento de um amplo sistema fluvial (AF1, Formação Ipu) diretamente sobre o embasamento cristalino da bacia, com espessuras de centenas de metros sugere um rio perene provavelmente suprido por regiões montanhosas ao Oeste do Gondwana. Estes depósitos de idade Ordoviciano Médio foram gerados dentro de condições de mar baixo pertencentes à sequência 1, e são truncados por uma expressiva inconformidade que possivelmente removeu os estratos gerados em condições transgressivas e de mar alto. Essa inconformidade produzida pela dinâmica glacial retirou aproximadamente 25 Ma do registro sedimentar da bacia. A segunda sequência iniciou com o avanço das geleiras no Siluriano inferior, a partir da instalação de um *ice-contact fan* (AF2 e AF3, Formação Ipu), em condições de mar baixo. Durante o recuo das geleiras grandes quantidades de água e detritos foram liberados permitindo a deposição de diamictitos estratificados com presença de clastos caídos (AF4, Formação Ipu). A fase de degelo culminou no aumento do nível do mar e posterior deposição de folhelhos negros da AF5 (Formação Tianguá), durante o Siluriano médio a tardio. A fase de mar alto no Siluriano tardio é marcada instalação de um sistema deltaico (AF6, Formação Tianguá). No Devoniano inferior uma nova expressiva etapa de descida do nível do mar produziu uma discordância na plataforma concomitante com a progradação de sistemas fluviais entrelaçados (AF7, Formação Jaicós), em condições de mar baixo pertencentes à sequência 3. A reconstituição paleoambiental e paleoclimática do Grupo Serra Grande forneceu elementos sedimentológicos e estratigráficos importantes para o entendimento das fases transgressivas e regressivas pré e pós-glaciais, além de auxiliar na reconstrução paleogeográfica dos lençóis de gelo do Gondwana Oeste durante os períodos Ordoviciano e Siluriano.

Palavras-chave: Gondwana Oeste. Siluriano. Bacia do Parnaíba. Grupo Serra Grande. Glaciação.

ABSTRACT

The transition between the Ordovician and Silurian periods in the western portion of the Gondwana supercontinent was marked by a long glacial period, which had its peak in the Hirnantian (~ 445 Ma). This event occurred during a long greenhouse climatic period, in which the CO₂ content in the atmosphere was five times greater than the current one. The supercontinent Gondwana migration towards the South Pole was concomitant with astronomical factors such as changes in the rotation of the earth and decreased solar radiation that favoured the ice-sheets growth. The end of the glaciation was marked by the most substantial increase in the eustatic sea-level recorded in the earth history, generating significant marine transgressions, which started at Llandovery (~ 443 Ma) and ended at Ludlow (~ 423 Ma). One of the best records of these events within the West Gondwana context is the Serra Grande Group, which represents an Ordovician-Devonian siliciclastic succession present in the Parnaíba Basin, northeastern Brazil. This sequence outcropping on the eastern edge of the basin is divided into three formations: Ipu, Tianguá, and Jaicós. Previously work of this Group has a strictly regional and lithostratigraphic character, which has not allowed determining the depositional environments and systems based on a precise stratigraphic framework. This work presents new interpretations of depositional systems present in the Serra Grande Group record, based on sedimentological and stratigraphic analyses of the outcrops located in the Ipueiras region, Ceará State, Northeast Brazil. The detailed faciological description of this siliciclastic succession had as main objective to propose a depositional and evolutionary model for these deposits. Outcrop-based facies and stratigraphical analysis of this siliciclastic succession indicated fluvial, glacial, and coastal depositional systems grouped on seven facies associations (FA). Deposits of sheet braided plains (AF1), consisting of coarse and conglomerate sandstones with cross-stratification. Glacial deposits (AF2 and AF3) corresponding to massive conglomerate, thick sandstone with cross-stratification and massive diamictites. Stratified diamictite with drop clasts were deposited in a glacial-marine environment (AF4). Laminated black shales (AF5) are interpreted as deposited in offshore settings during post-glacial stages. Deltaic deposits (AF6) consist of laminated siltite and sandstone with sigmoidal cross-stratification and occurrences of the ichnogenus *Arthropycus*. This fluvial-glacial-deltaic succession is erosively overlaid by sandstones with trough cross-stratification, deposited within a channelled braided plain (AF7). This proposal confirms partially the previous paleoenvironmental interpretation discarding the presence of subaerial alluvial fan and outwash plain deposits for this unit. The

sequence stratigraphy of Serra Grande Group was refined using mainly the coherent interpretation of the key surfaces and comparing the system tracts with the global sea-level curve providing a more robust third-order sequential evolutive model that includes three depositional sequences. The development of an extensive fluvial system (AF1, Ipu Formation) directly over the basin basement, with thicknesses of hundreds of meters, suggests a perennial river probably supplied by mountainous regions to the west of Gondwana. These deposits of middle Ordovician age were generated under low sea conditions belonging to sequence 1, and are truncated by a significant unconformity that possibly removed the transgressive and highstand strata. This unconformity produced by the glacial dynamics removed approximately 25 Ma from the sedimentary record of the basin. The second sequence started with the advance of the ice-sheets in the early Silurian, with the installation of an ice-contact fan (AF2 and AF3, Ipu Formation), in lowstand conditions. During the ice-sheet retreat, large amounts of water and debris were released, allowing the deposition of stratified diamictites with the presence of dropstones (AF4, Ipu Formation). The transgressive phase culminated in an increase in sea level and subsequent deposition of black shales from AF5 (Tianguá Formation), during the middle to late Silurian period. The highstand phase in the late Silurian is marked by the installation of a delta system (AF6, Tianguá Formation). In the early Devonian, an expressive new stage of sea-level fall produced an unconformity on the continental shelf concomitant with the progradation of a braided river system (AF7, Jaicós Formation), under lowstand phase of sequence 3. The Serra Grande Group paleoenvironmental and paleoclimatic reconstruction provided important sedimentological and stratigraphic elements for understanding the pre- and post-glacial transgressive and regressive phases, as well as assisting in the paleogeographic reconstruction of West Gondwana ice-sheets during the Silurian.

Keywords: West Gondwana. Silurian. Parnaíba Basin. Serra Grande Group. Glaciation.